Laserstrahl-Stabilisierung
“Compact”

Benutzerhandbuch

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Beschreibung....3
2. Systembestandteile....3
3. Spezifikation....4
   3.1. Positionsgenauigkeit....6
4. Installation und Bedienung....7
   4.1. Kurzanleitung „Schritt-für-Schritt“....7
   4.2. Einführung....7
   4.3. Installation der optischen Komponenten....8
   4.4. Ein- und Ausgänge....10
   4.5. Intensitätseinstellung....10
   4.6. Richtungskodierung der Detektorausgänge....11
   4.7. Optimierung der Laserstrahlposition auf dem Detektor....12
5. Bedienungs- und Sicherheitsfunktionen....12
   5.1. Leistungs- und Aussteuerungsanzeige....12
   5.2. Variable Signalverstärkung....13
   5.3. Nullpositionierung bei Leistungsabfall....13
   5.4. Einschaltverzögerung....13
   5.5. Regelungsstatus (Interlock)....13
   5.6. Schalter für Bandbreitenbegrenzung....13
6. Optische Komponenten....14
   6.1. Kippspiegel-Halter PKS....14
   6.2. Kippspiegel-Halter PSH....14
   6.3. Detektoren....15
7. Bauteil-Zeichnungen....16
   7.1. Spiegelhalter PKS....16
   7.2. Spiegelhalter PSH....16
   7.3. Detektorgehäuse....17
8. Fehlerbehebung....17
   8.1. Keine Anzeige – alles dunkel....17
   8.2. Kein Detektorsignal....17
   8.3. Laserstrahl ist nicht korrekt positioniert....17
   8.4. Die Kippspiegel sind akustisch deutlich wahrzunehmen....18
   8.5. Laserposition nicht stabil....18
9. Sicherheit....18
10. Checkliste für Laserdaten....19
   10.1. Laserdaten....19
   10.2. Aufbaudaten....19
   10.3. Spiegel....19
11. Kontakt....19

1. Allgemeine Beschreibung

Die *Compact* Laserstrahl-Stabilisierung kompensiert Vibrationen, Stöße, thermische Fluktuationen oder andere unerwünschte Veränderungen der Laserstrahlrichtung. Sie ist überall von Nutzen, wo Laserstrahl-schwankungen oder Bewegungen auftreten, aber eine hohe Präzision und Reproduzier-barkeit der Strahlrichtung benötigt wird.

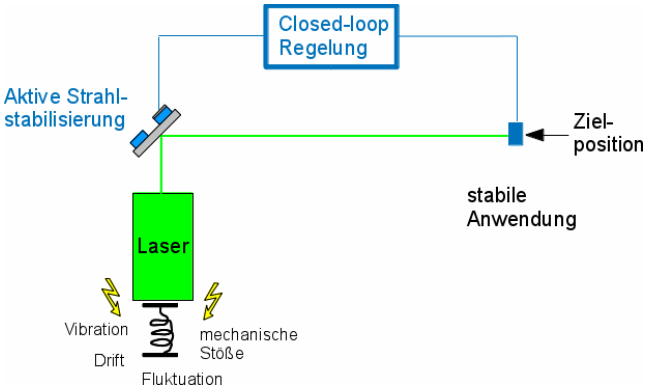

Abbildung 1: Prinzip der Laserstrahlstabilisierung

Mit einem Positionsdetektor (4-Quadranten-Diode (4-QD) oder alternativ PSD) wird jeweils eine Sollposition des Laserstrahls vorgegeben. Dazu kann der schwache transmittierte Strahlanteil hinter einem hochreflektierenden Spiegel genutzt werden.

Der closed-loop Regelkreis ermittelt ständig die Abweichung von der vorgegebenen Sollposition und steuert die schnellen Aktuatoren so an, dass die Kippspiegel den Laserstrahl darauf festhalten.

Das System steht in zwei unterschiedlichen Ausführungen zur Verfügung. Die „2-Achsen-Regelung“ be-steht aus einem Detektor und einem Kippspiegel, der den Strahl um zwei Achsen verkippt. Der Laserstrahl wird hierbei nur auf eine Sollposition fixiert, die durch den Detektor vorgegeben wird. D.h. je nach Auftreffpunkt auf dem Kippspiegel kann sich die Strahlrichtung verändern. Die Kombination von zwei Detektor-Kippspiegel-Paaren bildet die „4-Achsen-Regelung“. Diese detektiert den Laserstrahl an zwei voneinander entfernten Sollpositionen, wodurch auch die Strahlrichtung fixiert wird.

2. Systembestandteile

Die Strahlstabilisierung besteht aus den optoelektronischen Komponenten (Kippspiegel, Detektoren) und der System-Elektronik. Wir bieten verschiedene Typen von Aktuatoren und Detektoren an. Bitte vergleichen Sie hierzu die Spezifikation in Abschnitt 3 und die Bilder in Abschnitt 6.

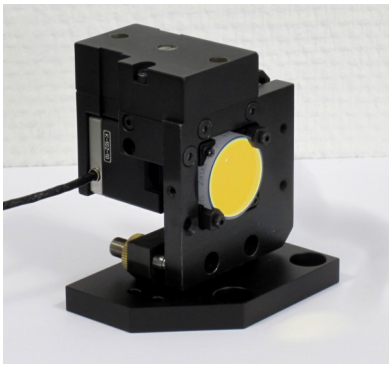

Abbildung 2, 3 und 4 (von links nach rechts): Kippspiegel mit Piezostellelement (Version PSH), Detektor mit Positions-Display (horizontaler Aufbau), Detektor (vertikaler Aufbau)

Die System-Elektronik (mit Controller, Verstärkern, Spannungsversorgungen) ist in einem kompakten Gehäuse im Eurokarten-Format untergebracht. Sie wird von einem 12 V Steckernetzteil gespeist.

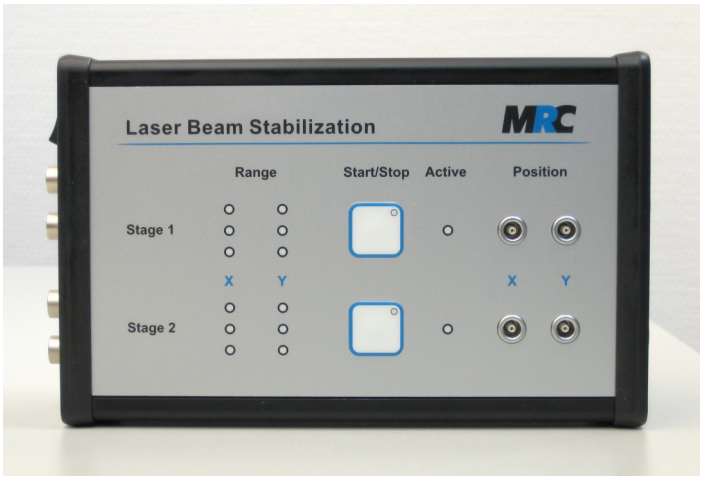

Abbildung 5: Folientastatur und Anschlussbuchsen auf der Oberseite

Abbildung 6: Spannungseingang und Ausgangsbuchsen an der linken Gehäuseseite

Abbildung 7: Eingangsbuchsen und Schalter an der rechten Gehäuseseite

3. Spezifikation

Optische Eigenschaften	
Wellenlänge	320 bis 1100 nm, UV- und IR-Detektoren auf Anfrage
Repetitionsrate	beliebig, auch cw Bei Repetitionsraten < 100 Hz wird eine zusätzliche Schaltung für niedrige Repetitionsraten integriert. Für Einzelpulse und Betriebszustände, in denen der Laser zwischenzeitlich aus ist, ist ein zusätzliches Sample&Hold-Modul erhältlich, siehe auch Anmerkung (1)
Laserstrahl-Durchmesser	< 6 mm ($1/e^2$), siehe auch Anmerkung (2)
Strahlhöhe	45 mm bei PKS Aktuatoren, 39,5 mm bei PSH Aktuatoren (Für andere Höhen können wir Adapter anbieten.)
Spiegeldurchmesser	1" (Standard), andere Spiegeldurchmesser auf Anfrage
Spiegeldicke	1/4" oder 1/8" (empfohlen)

System-Elektronik Abmessungen	
B x H x T	166 x 106 x 56 mm^3
Kippspiegelhalter	
Typ 1: PKS (K-700-31)	
Aktuator-Typ	Piezoelektrische Stellelemente
Bandbreite	< 700 Hz (gemessen mit 1" Spiegel, Spiegeldicke: 1/8")
Maximale Verkippung	< 1 mrad (± 0,5 mrad)
Typ 2: PSH (K-102-10)	
Aktuator-Typ	Piezoelektrische Stellelemente
Bandbreite	< 840 Hz (gemessen mit 1" Spiegel, Spiegeldicke: 1/8")
Maximale Verkippung	< 2 mrad (± 1 mrad)
Positionsdetektor	
Detektortyp	Si 4-Quadranten Diode (bei Standard-Wellenlängen), siehe auch Anmerkung (3)
Bandbreite	< 10 kHz
Detektionsfläche	10 x 10 mm^2 (bei Standard-Wellenlängen), siehe auch Anmerkung (3)
Abmessungen	49 x 40 x 20 mm^3
Optische Filter	11,9 x 11,9 mm^2
Weitere Funktionen	
Leistungs-Aussteuerungsanzeige	LED-Zeile mit 10 Elementen an der Detektor-Rückseite
Positionsdisplay	LED-Kreuz auf der Detektor-Rückseite
Variable Signalverstärkung	Kontinuierlich einstellbar mit Potentiometer (1:6)
Nullpositionierung bei Leistungsabfall	Leistung auf den Detektoren fällt unter 10% der Sättigung
Einschaltverzögerung	300 ms
Steckverbinder am Controller	
Aktuator	LEMO 0S Serie
Detektor Eingang	LEMO 0B Serie
Regelungsstatus (Interlock)	LEMO 00 Serie
x-y-Ausgang - Strahlposition	LEMO 00 Serie
Netzteil	12 V / DC Steckverbinder
Steckverbinder an Detektoren	
x-y-Intensität - Ausgänge	MCX
Spannungsversorgung	12 V / DC Steckverbinder
Kabellängen	
Detektor → Controller (2 Stück)	4 m (andere Längen auf Anfrage)
Aktuator → Controller (2 Stück)	PKS: 1,5 m (direkt am Piezostellelement montiert) PSH: 1,2 m (direkt am Piezostellelement montiert)
Aktuator → Controller (Verlängerung)	10 m (ein Kabelpaar für einen Aktuator ist im Lieferumfang enthalten. Weitere Kabel oder andere Längen auf Anfrage)
x-y-Positionskabel (2 Stück)	2 m (andere Längen auf Anfrage)

Anmerkungen:

(1) Zur Beschreibung des Sample&Hold Moduls gibt es die separate Handbuchergänzung „Sample&Hold Zusatzschaltung als Haltefunktion für die Laserstrahlposition bei fehlendem Regelsignal.“

(2) Falls der Strahldurchmesser mehr als 6-8 mm beträgt, kann eine Linse vor dem Detektor eingesetzt werden. Bei größeren Strahldurchmessern sind Adapter für 1,5" und 2" oder andere Spiegel auf Anfrage erhältlich (siehe z.B. Abbildung 13b in Abschnitt 6.2).

(3) UV- und IR-Detektoren sind auf Anfrage erhältlich. Deren Abmessungen und Detektionsflächen können abweichen. Alternativ zu den 4-QDs bieten wir auch PSDs an. Diese weisen ebenfalls andere Abmessungen und Detektionsflächen auf.

3.1. Positionsgenauigkeit

Die Positionsgenauigkeit hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Optischer Abstand zwischen Kippspiegel und dazugehörigem Detektor: Die Genauigkeit ist umso größer, je größer der Abstand gewählt werden kann. Der erste Kippspiegel sollte möglichst nah an der Störquelle positioniert werden.
- Strahldurchmesser: Bei gleicher Positionsänderung ergeben sich bei einem kleineren Strahldurchmesser größere Spannungsdifferenzen zwischen den einzelnen Quadranten einer 4-QD und somit ein steileres Regelsignal. Deshalb können Laserstrahlen mit kleinen Durchmessern mit einer höheren absoluten Genauigkeit positioniert werden als solche mit großen Durchmessern.
- Intensität: Die Auflösung der Detektoren hängt außerdem von der Intensität auf der Sensorfläche ab. Diese kann durch die Wahl der optischen Filter und elektronisch variiert werden (siehe auch Abschnitt 5.2).
- Repetitionsrate und Pulsdauer: Die Regelungsbandbreite des Systems kann für unterschiedliche Laserparameter optimiert werden. Bei größeren Bandbreiten reagiert das System schneller, womit die Positionsgenauigkeit bei schnellen Störungen zunimmt.

Abbildung 8 zeigt typische Auflösungen der Detektoren. An diesem Beispiel ist zu erkennen, dass bei geeignet gewählten Parametern Auflösungen bis unter 100 nm auf den Detektoren möglich sind. Die Winkelauflösung ergibt sich dann aus den jeweiligen Armlängen.

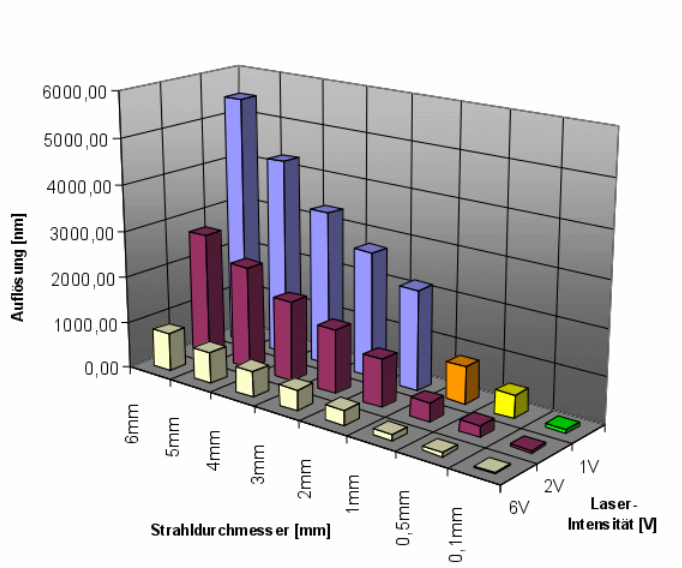

Abbildung 8: Auflösung auf einer 4-Quadrantendiode bei Bestrahlung mit einem roten He-Ne-Laser mit verschiedenen Strahldurchmessern und Laserintensitäten

Die Aktuatoren werden analog angesteuert, so dass ihre Positionsauflösung nicht durch einzelne Schritte limitiert ist. Als Einstellgenauigkeiten für die Piezostellelemente sind Werte von < 2 nrad (*PKS*) bzw. 4 nrad (*PSH*) spezifiziert.

4. Installation und Bedienung

4.1. Kurzanleitung „Schritt-für-Schritt“

Die folgenden Stichworte sollen Ihnen die erstmalige Inbetriebnahme der Strahlstabilisierung erleichtern. Die dann folgenden Kapitel gehen näher auf die einzelnen Punkte ein.

1) Stabiler Aufbau der optischen Komponenten (Kippspiegel und Detektoren): Die Zentren der Detektoren definieren die Strahllage. Die Detektoren können direkt hinter Spiegeln eingesetzt werden. Sie können aber auch mittels eines Strahlteilers einen Teilstrahl auf die Detektoren lenken.
2) Kabel anschließen: Erster Spiegel mit Ausgang *Actuator 1*, zweiter mit *Actuator 2*. Erster Detektor mit Eingang *4QD1*, zweiter mit Eingang *4QD2*.
3) Stromversorgung einschalten (Schalter auf linker Gehäuseseite): Daraufhin leuchten an der Regelbox die vier grünen Range-LEDs.
4) Aussteuerung der Intensität auf den Detektoren (über Potentiometer und ggf. Austausch der optischen Filter): Im optimalen Fall leuchten 9 LEDs.
5) Vorjustierung (bei nicht aktivierten Regelstufen): Justierung des Laserstrahls auf die Detektoren. Am Ende dieses Schrittes sollen bei den LED-Kreuzen keine roten LEDs mehr leuchten.
6) Richtungskodierung: Aktivierung der Regelstufe 1. Bei Aufleuchten roter LEDs auf der Regelbox entsprechenden Kodierungsschalter x oder y betätigen (vgl. Abschnitt 4.6).
7) Richtungskodierung analog Schritt 6, nun für Stufe 2.
8) Feintuning für Regelstufe 1: Inaktivierung beider Regelstufen ("Active" LEDs leuchten nicht). Dann Vorgehen gemäß Abschnitt 4.7 bis die x-y-Strahlpositionsausgänge möglichst nahe der Spannung 0 V sind.
9) Feintuning für Regelstufe 2: Aktivierung Stufe 1 (Stufe 2 bleibt deaktiviert). Dann weiteres Feintuning gemäß Abschnitt 4.7.
10) Zum geregelten 4-Achsen Betrieb beide Stufen aktivieren.

4.2. Einführung

Die Systembedienung kann am besten anhand der Abbildungen 5 bis 7 erläutert werden. Abbildung 5 zeigt die Oberseite der System-Elektronik mit der Folientastatur und den Positionssignal-Ausgängen für zwei Paare von Detektoren und Aktuatoren (Regelstufen “Stage 1” und “Stage 2”). Jede Regelstufe kann durch Drücken der *Start/Stop*-Taste unabhängig ein- und ausgeschaltet werden. Sobald die Regelstufe eingeschaltet wurde, leuchtet die kleine LED rechts oben in der *Start/Stop*-Taste. Das *Range* Display zeigt an, ob die Kippspiegel innerhalb des möglichen Erfassungsbereichs eingestellt sind. Die *Active* LED leuchtet, sobald die Regelstufe aktiv ist. Dies ist dann der Fall, wenn die *Start/Stop*-Taste betätigt wurde und die Laserleistung auf dem Detektor korrekt ist.

Die *Positions*-Ausgänge auf der Oberseite können dazu verwendet werden, die aktuelle Position des Laserstrahls an jeder 4-Quadrantendiode auszulesen (x und y).

Anmerkungen:

(1) Sobald die *Start/Stop* Taste gedrückt wird (und die *Active*-LED leuchtet), bewegen sich die Aktuatoren aus den Nullpositionen heraus und reagieren auf die Eingabe des Controllers.
(2) Falls eine *Range*-LED rot leuchtet, bedeutet dies nicht unbedingt, dass der Strahl nicht stabil ist. Dies weist vielmehr darauf hin, dass keine stärkere Verkippung des Spiegels möglich ist, obwohl dies möglicherweise notwendig wäre.
(3) Falls die Leistung auf dem Detektor zu niedrig ist, werden die Aktuatoren in die Nullposition

bewegt (und die *Active*-LED erlischt). Dies geschieht aufgrund der automatischen Abschaltung bei zu niedriger Leistung, die aus Sicherheitsgründen eingebaut wurde (siehe auch Abschnitt 5.3).

In den Abbildungen 6 und 7 sind beide Seiten der Controller-Box abgebildet, die alle Ein- und Ausgänge sowie die Schalter für die Auswahl der Richtungen (*Directions)* und Bandbreiten (*Bandwidth)* zeigen. Die Verbindungskabel zu den Aktuatoren werden auf der linken Seite angeschlossen. Die Verbindungskabel der 4-Quadranten-Dioden werden an der rechten Seite angeschlossen.

Über die *Directions*-Anschlüsse können die einzelnen Regelstufen in x- und y-Richtung kodiert werden. Diese sind entsprechend mit 4QD-1 und 4QD-2 verbunden. Eine weitere Beschreibung erfolgt in Abschnitt 4.6. Die Bandbreitenbegrenzung wird in Abschnitt 5.6 beschrieben.

Der *Status*-Signalausgang kann entweder als Interlock oder zur Steuerung eines Shutters verwendet werden (siehe Abschnitt 5.5).

Anmerkung: Bitte beachten Sie, dass die Piezoelemente eine große Kapazität besitzen. Die Kabel zu den Aktuatoren sollten nicht ausgesteckt werden, solange die Piezoelemente noch geladen sind. D.h. Sie sollten die Strahlstabilisierung mit dem Netzschalter an der linken Gehäuseseite stromlos schalten und dann einige Sekunden warten, bevor Sie die Aktuatorkabel abziehen.

4.3. Installation der optischen Komponenten

Die optischen Komponenten (Kippspiegel und Detektoren) können für unterschiedliche Anwendungen variabel angeordnet werden.

Die Detektoren können hinter hochreflektierenden Spiegeln positioniert werden. Da sie sehr empfindlich sind, können sie bereits mit dem Leakage hinter dem Spiegel arbeiten. Dies hat den Vorteil, dass keine weiteren Komponenten in den Strahlengang gebracht werden müssen. Es ist aber ebenso möglich, ein Glasplättchen oder einen Strahlteiler im Strahlengang einzusetzen, um einen Reflex auf den Detektor zu lenken. Dies kann z.B. bei Laserstrahlen mit größeren Strahldurchmessern notwendig werden, bei denen der Aktuator die Transmission einschränken würde.

In jedem Fall werden die Zentren der 4-QDs derart positioniert, dass sie die gewünschte Laserstrahlrichtung bestimmen. Der erste Aktuator sollte in der Nähe des Lasers bzw. der letzten Störungsquelle aufgestellt werden. Der letzte Detektor sollte nahe am Ziel aufgestellt werden.

Anmerkung: Achten Sie beim Aufbau der Komponenten auf eine stabile Mechanik. Idealerweise sollten Sie die vorhandenen Komponenten ohne weitere Positionierungshilfen (wie z.B. Höhenverstellung) fest auf einem optischen Tisch verschrauben. Befinden sich schwingende Komponenten mit Resonanzfrequenzen innerhalb der Regelungsbandbreite im System, können diese die Regelung zum Schwingen bei eben dieser Resonanzfrequenz veranlassen.

Die folgenden Abbildungen 9a-e zeigen eine Auswahl von möglichen Aufbauten. Die Beispiel-Setups beziehen sich auf die 4-Achsen-Regelung mit 4QDs. Sie sind bei der 2-Achsen-Regelung analog anzuwenden mit der Änderung, dass Aktuator 2 und Detektor 2 entfallen.

- Abbildung 9a zeigt einen typischen 4-Achsenaufbau des Systems, bei dem der zu justierende Laserstrahl zuerst auf den Kippspiegel, dann eine Kippspiegel-Detektor-Kombination und zuletzt auf den zweiten Detektor hinter einem Spiegel trifft.

- Abbildung 9b zeigt einen ähnlichen Aufbau, bei dem vor den Detektoren noch Linsen platziert sind. Gleichzeitig wurde ein Strahlteiler in den Strahlengang gestellt. Dieser Aufbau empfiehlt sich z.B. bei großen Strahldurchmessern.

- In Abbildung 9c wurde zugunsten einer besseren Winkelauflösung eine Linse vor Detektor 2 platziert. In diesem Fall sollte die Linse möglichst im Abstand ihrer Brennweite vor dem Detektor stehen. Dabei sollte die Brennweite – abhängig vom Strahldurchmesser - so gewählt werden, dass der Fokus nicht zu klein wird. Der Strahl sollte auf dem Detektor noch einen Durchmesser von > 50 µm haben, damit er alle Quadranten der Diode trifft. (Das Spacing zwischen den Quadranten beträgt 30 µm.)

- Abbildung 9d zeigt eine Variante von 9c, bei der beide Detektoren gemeinsam hinter einem im Strahlengang befindlichen Spiegel platziert sind. Hier wird vor einem der Detektoren eine Linse aufgestellt, um sowohl die Strahlposition als auch die Strahlrichtung festzuhalten.

- Abbildung 9e zeigt schließlich einen anderen Aufbau, bei dem das 4-Achsen-System als doppeltes 2-Achsen-System genutzt wird. Das heißt die beiden Regelstufen des Controllers werden dazu benutzt, zwei voneinander unabhängige Laserstrahlen zu stabilisieren.

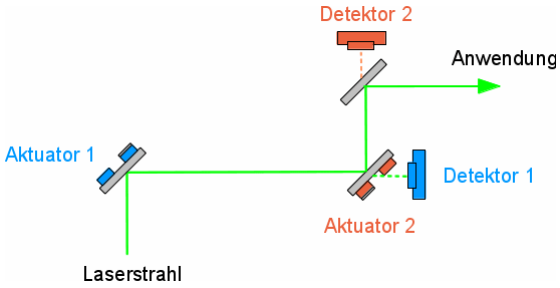

Abbildung 9a: In diesem typischen Aufbau für die 4-Achsen-Regelung wird mit Detektor 1 die Strahlposition auf Aktuator 2 annähernd fixiert. Detektor 2 definiert dann eine zweite Strahlposition und somit den Winkel.

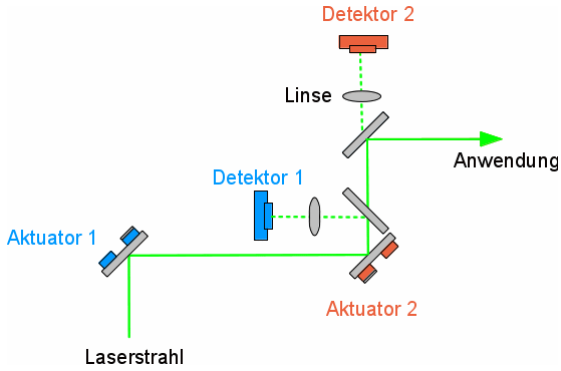

Abbildung 9b: Aufbau wie in 9a, mit zusätzlichem Strahlteiler und Linse vor Detektor 1 sowie Linse vor Detektor 2 (Einsatz z.B. bei großem Strahldurchmesser)

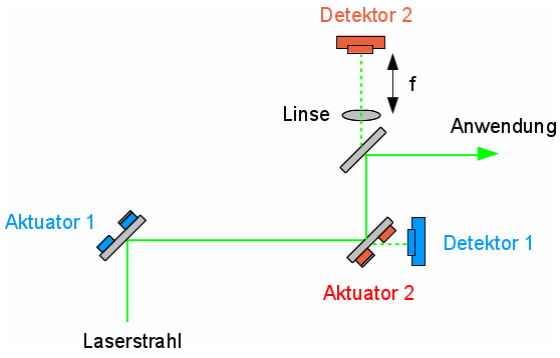

Abbildung 9c: Aufbau wie 9a, über eine Linse vor Detektor 2 erfolgt aber eine Winkeldiskriminierung. Dies kann insbesondere bei kurzen Abständen der Komponenten von Vorteil sein. Der Detektor muss dabei in die Brennebene der Linse gestellt werden.

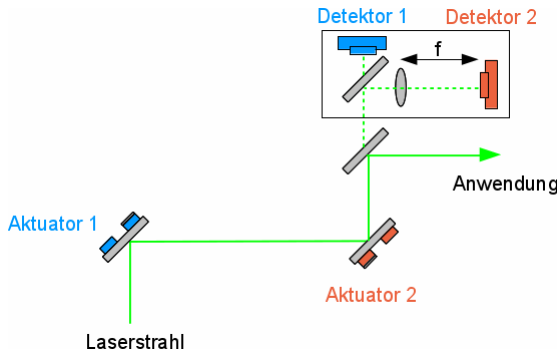

Abbildung 9d: In diesem Aufbau befinden sich beide Detektoren gemeinsam hinter einem Spiegel unmittelbar vor der Applikation. Detektor 2 wird wie in Abbildung 9c zur Winkeldiskriminierung eingesetzt.

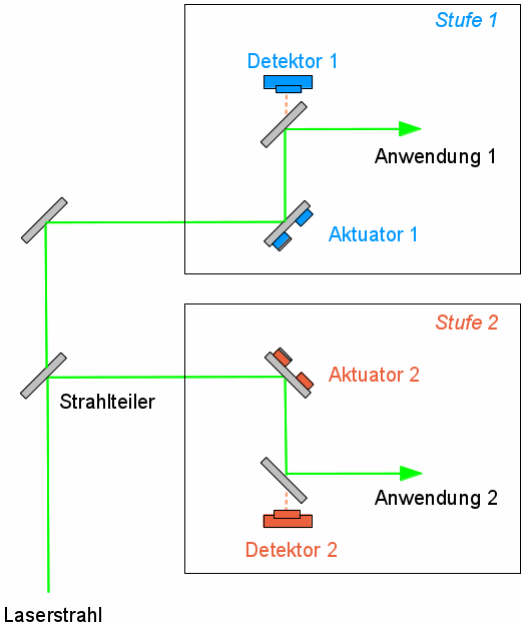

Abbildung 9e: Aufbau eines 4-Achsen-Systems als doppeltes 2-Achsen-System. Mit diesem Aufbau können zwei getrennte Laserstrahlen unabhängig voneinander in der Position stabilisiert werden.

4.4. Ein- und Ausgänge

Der erste Kippspiegel (Abb. 2) wird mit dem Ausgang *Actuator 1* verbunden, der zweite mit *Actuator 2*.

Die Verbindung der Detektoren mit der Controller-Elektronik wird über ein 4 m langes LEMO-Kabel hergestellt, das in ein Adapterkabel mit vier separaten Kabeln mündet. Diese Kabel werden entsprechend folgender Regel an die Detektoren angeschlossen: Die x- und y-Kabel werden entsprechend der Orientierung der Detektoren angeschlossen. Wenn der Detektor wie in Abbildung 4 vertikal positioniert ist, wird das x-Kabel an den x-Ausgang und das y-Kabel an den y-Ausgang angeschlossen. Ist der Detektor dagegen wie in Abbildung 3 um 90° in die horizontale Orientierung gedreht, muss das x-Kabel an den y-Ausgang und das y-Kabel an den x-Ausgang angeschlossen werden. Am anderen Ende wird das LEMO-Kabel der Detektoren an den jeweiligen 4-QD-Eingang an der Controller-Elektronik angeschlossen.

Anmerkungen:

- Die PKS-Kippspiegelhalter können in zwei um 90° zueinander gedrehten Orientierungen montiert werden. Sie sind bei der Auslieferung so beschriftet, dass die x-Achse die horizontale Verkippung und die y-Achse die vertikale Verkippung vollführt. Sollten Sie die Orientierung einmal selbst verändern, achten Sie bitte darauf, dass immer die horizontale Verkippung an den x-Eingang und die vertikale Verkippung an den y-Eingang der Controller-Elektronik angeschlossen werden.
- Bei der 2-Achsen-Regelung können Sie entweder die erste oder die zweite Regelstufe verwenden, um die Regelung zu betreiben.

4.5. Intensitätseinstellung

Um sicherzustellen, dass die 4-QDs im linearen, regelbaren Intensitätsbereich arbeiten, kann bei einer Änderung der Laserintensität die Signalverstärkung am Potentiometer des jeweiligen Detektors angepasst werden (siehe Abbildung 10). Schalten Sie hierzu das System ein (Netzschalter auf ON), die Regelung aber aus (Schalter *Start/Stop* auf aus, so dass die grüne *Active*-LED und die LED neben dem Schalter nicht leuchten). Justieren Sie dann den Laser auf den Detektor und wählen Sie am Potentiometer eine

geeignete Verstärkung, bis als Maximalwert an den Anzeigen mindestens drei und maximal neun LEDs leuchten. Die Verstärkung steigt im Gegen-Uhrzeigersinn.

Findet sich keine passende Einstellung, müssen die optischen Filter vor den 4-QDs entsprechend ausgetauscht werden. Sind die passenden Filter nicht verfügbar, wenden Sie sich bitte an den Hersteller oder Lieferanten.

Anmerkungen:

- Bei Auslieferung befinden sich in der Regel zwei Filter vor der Sensorfläche. Dabei handelt es sich um einen starken Filter zur Grobeinstellung und einem schwächeren zur Feineinstellung. Normalerweise ist der oben liegende, als erstes zugängliche Filter der schwächere Filter.
- Bitte beachten Sie, dass die Sensorfläche recht empfindlich ist. Wenn Sie sie reinigen wollen, sollten Sie dies vorsichtig mit einem trockenen Tuch tun.

Zum Filteraustausch lösen Sie die Kunststoffschrauben, mit denen die Filter im Gehäuse fixiert sind. Durch Kippen des Detektorgehäuses können Sie die Filter dann aus dem Gehäuse fallen lassen. Beim Einsetzen neuer Filter gehen Sie bitte vorsichtig vor, um den Detektor nicht zu beschädigen. Bringen Sie dann die Kunststoffschrauben wieder an, um die Filter zu fixieren.

Abbildung 10: 4-Quadrantendiode. Der Pfeil zeigt auf das Potentiometer zur Intensitätsaussteuerung (mit Schraubenzieher zugänglich).

4.6. Richtungskodierung der Detektorausgänge

Bei Abweichung der Laserstrahlposition auf einer 4-QD wird der zugehörige Kippspiegel angesteuert, um den Laserstrahl in die Sollposition zurück zu lenken. Zu jeder Regelstufe gehören ein Kippspiegel und eine 4-QD gemäß der Beschreibung in den Abschnitten 4.2 und 4.3. Die zusammen gehörenden Komponenten sind in den Abbildungen 9 mit identischen Farben dargestellt. Die Richtung, in die der Kippspiegel bewegt werden muss, hängt aber von der Anordnung der 4-QDs und der Kippspiegel ab. Sie kann während der im Abschnitt 4.7 beschriebenen Grobjustage wie folgt eingestellt werden.

An der rechten Seite der Controller-Elektronik befinden sich vier Schalter (siehe Abbildung 7). Diese kodieren die x- und y-Richtungen der Regelstufen 1 und 2. Um die Richtung für den Regelungsbetrieb korrekt zu kodieren, schalten Sie jeweils eine Stufe ein. Wird der Strahl in x- (horizontal) und/oder y-Richtung (vertikal) nicht in die Mitte der 4-QD, sondern in eine Extremposition gelenkt, müssen Sie den entsprechenden Schalter umlegen.

4.7. Optimierung der Laserstrahlposition auf dem Detektor

i. Grobjustage (Nutzung des linearen Regelbereichs der Kippspiegel)

Aktivieren Sie die Regelung (*Start/Stop*-Schalter eingeschaltet, grüne *Active*-LED und LED neben dem Schalter leuchten) und justieren Sie den Laserstrahl manuell mit den Kippspiegeln so auf die Detektoren, dass an allen vier *Range*-Anzeigen die grünen *Range*-LEDs leuchten. Die Kippspiegel arbeiten nun im linearen Regelbereich.

ii. Feintuning (Einstellung der Nullposition und Nutzung des vollen Regelbereichs der Piezoaktoren)

Inaktivieren Sie die Regelung (die Piezoaktuatoren halten dann die Kippspiegel in der festen Nullposition; die grünen *Active*-LEDs sind dunkel) und justieren Sie den Laserstrahl manuell mit den Kippspiegeln so, dass er die Mitte der 4-QDs trifft. Hierzu können Sie die Anzeigen an den 4-QDs verwenden oder die vier x-y-Strahlpositions-Ausgänge nutzen, die eine zur Abweichung von der Sollposition proportionale Spannung liefern. Die Spannungen können Sie sich einfach mit einem Oszilloskop anschauen. Je genauer die Nullposition mit der Sollposition übereinstimmt, desto kleiner ist der Strahlversatz beim Aktivieren der Regelung.

Nach diesen Einstellungen sollte der Laserstrahl bei aktivierter Regelung nach dem letzten Spiegel keine Strahlpositions-Fluktuationen mehr aufweisen.

5. Bedienungs- und Sicherheitsfunktionen

5.1. Leistungs- und Aussteuerungsanzeige

Die Gesamtleistung auf jeder angeschlossenen 4-QD (gemessen als Summe aller Quadranten) wird mittels einer LED-Zeile auf der jeweiligen Detektorrückseite angezeigt. Die Strahlposition wird über ein LED-Kreuz angezeigt. Wenn der Laserstrahl das Zentrum der 4-QD trifft, leuchtet nur die mittlere grüne LED. In anderen Fällen leuchten auch andere LEDs analog zu den Beispielen in Abbildung 11.

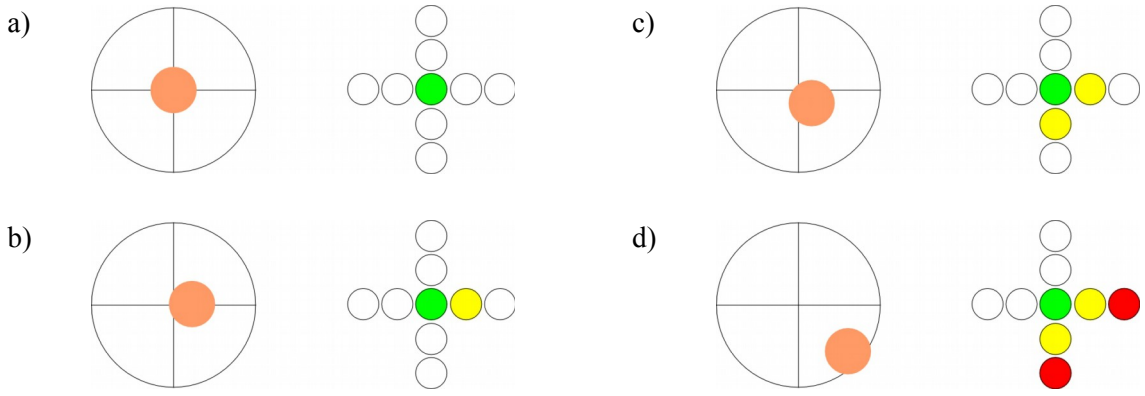

Abbildung 11: Beispiele für verschiedene Auftreffsituationen des Laserstrahls auf die 4-QD (orange Spots) und die resultierenden Anzeigen auf dem Positionsdisplay. Die linken Bilder sind jeweils so dargestellt, als würden Sie von hinten durch die Rückwand auf die Sensorfläche schauen.

Wenn nur grüne und gelbe LEDs leuchten, operiert die Sensorelektronik im linearen Bereich, so dass sich eine direkte Korrelation zwischen Messsignal und Position ergibt. Wenn auch eine oder mehrere rote LEDs leuchten, ist diese Korrelation aufgrund des physikalischen Aufbaus der 4-QDs nicht mehr möglich.

5.2. Variable Signalverstärkung

Zur einfachen Anpassung der Signalintensität befindet sich an der Seite jedes Detektors ein stufenloses Potentiometer zur Einstellung der Signalverstärkung. Dies ermöglicht eine optimale Aussteuerung bei Änderungen der Laserintensität ohne Wechsel von optischen Filtern. Dabei liegt zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert ein Faktor von 6.

5.3. Nullpositionierung bei Leistungsabfall

Sinkt die Leistung auf einer 4-QD unter 10% der Sättigungsleistung (und leuchtet entsprechend nur noch eine LED der LED-Zeile), fährt die Regelung die Kippspiegel automatisch in die Nullposition. Damit ist gewährleistet, dass die Kippspiegel in der Nullposition starten, wenn der Laser zuvor ausgeschaltet oder blockiert wurde.

5.4. Einschaltverzögerung

Die integrierte Einschaltverzögerung startet die Regelung nach dem Einschalten des Systems erst einige Zeit nachdem die Kippspiegel die Nullposition erreicht haben. Die *Active*-LED leuchtet erst nach dieser Verzögerung.

5.5. Regelungsstatus (Interlock)

Wenn das System vollständig ausgeschaltet (stromlos) ist, verkippen die Piezoaktuatoren prinzipbedingt die Kippspiegel in eine Extremposition. Diese weicht um etwa 0,5 mrad (*PKS*) bzw. 1,0 mrad (*PSH*) von der Nullposition ab. Das System besitzt aber einen TTL-Ausgang, der benutzt werden kann, um den Laser auszuschalten oder einen Shutter zu schließen. Dadurch wird verhindert, dass ein fehlpositionierter Laser Schaden anrichten kann. Der Pegel des TTL-Ausgangs ist HIGH, wenn die Regelung aktiv ist und die Kippspiegel im korrekten Bereich oder in der Nullposition sind. Er ist LOW, wenn die Regelung aktiv ist und einer der Kippspiegel den Stellbereich verlässt. (Wenn die Regelung inaktiv ist, ist der Pegel immer HIGH.)

5.6. Schalter für Bandbreitenbegrenzung

Die Regelungsbandbreite hat unmittelbaren Einfluss auf die Güte der Regelung. Das System kann bei zwei unterschiedlichen Regelungsbandbreiten betrieben werden. Grundeinstellung ist die hohe Bandbreite. Insbesondere bei instabilen mechanischen Aufbauten oder bei gegenseitiger Beeinflussung der Regelstufen kann es jedoch von Vorteil sein, die niedrige Bandbreite zu wählen. Hierzu befindet sich ein Schalter am Elektronikgehäuse (*Bandwidth*, siehe Abbildung 7, H = high, hoch, L = low, niedrig). Die Bandbreite kann für beide Regelstufen individuell gewählt werden.

Anmerkung: Das System regelt auf den Schwerpunkt des transversalen Strahlprofils. Profilveränderungen können prinzipbedingt nicht reduziert werden.

6. Optische Komponenten

6.1. Kippspiegel-Halter PKS

Der Spiegelhalter *PKS* besitzt mit ± 0,5 mrad einen kleineren Kippbereich als der PSH-Halter. Er bietet aber mehr freien Raum hinter dem Spiegel. Zur Grobjustage der Null-Position kann der Halter auch manuell eingestellt werden. In Abbildung 12 ist der PKS-Halter gezeigt.

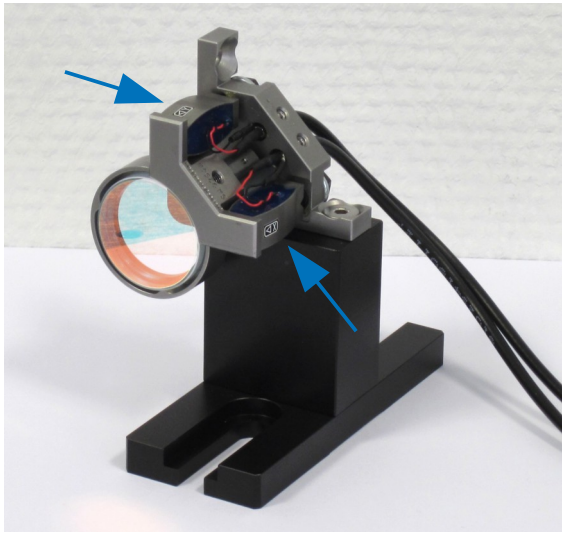

Abbildung 12: Kippspiegelhalter PKS mit einem 1" Spiegel. Die blauen Pfeile zeigen auf die x- und y-Markierungen.

6.2. Kippspiegel-Halter PSH

Der Spiegelhalter *PSH* hat einen weiten Kippbereich von ± 1 mrad. Er kann ebenfalls auch manuell eingestellt werden. Um eine hohe Resonanzfrequenz zu erzielen, ist der Spiegelhalter mit verstärkten Federn und einem Ausgleichsgewicht optimiert. Der Standardhalter wird mit 1"-Spiegeln verwendet, kann aber mit Adaptern für größere Spiegel ausgestattet werden.

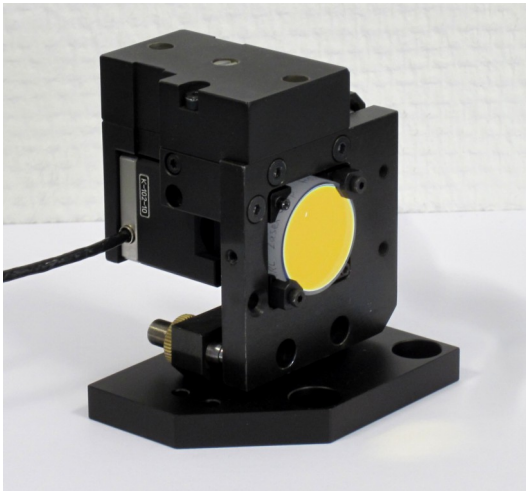

Abbildung 13a: Kippspiegelhalter PSH mit einem 1" Spiegel

Abbildung 13b: Kippspiegelhalter PSH mit Adapter für einen 2" Spiegel

Anmerkungen:

- Die bewegte Top-Platte der Piezostellelemente ist empfindlich gegen mechanische Kräfte. Bitte vermeiden Sie daher die Einwirkung starker Kräfte oder Drehmomente auf diese Platte. Der Piezo-Stack befindet sich unmittelbar hinter der Platte.
- Sollten Sie einmal den 1,5" oder 2“-Adapter entfernen wollen, seien Sie besonders vorsichtig. Wir können hierzu eine separate Anleitung zusenden oder auch ein Werkzeug zur Verfügung stellen.

6.3. Detektoren

Abbildung 14a zeigt die Vorderseite mit der Detektionsfläche der Standard 4-Quadranten-Diode. Die äußeren Abmessungen des PSD-Gehäuses sind identisch. Abbildung 14b zeigt die gleiche Seite des alternativ erhältlichen UV-Detektors.

Abbildung 14a: Standard Detektor (4-Quadranten-Diode mit einer Detektionsfläche von 10 x 10 mm²)

Abbildung 14b: UV Detektor (4-Quadranten-Diode mit einer Detektionsfläche von 3 x 3 mm²)

7. Bauteil-Zeichnungen

7.1. Spiegelhalter PKS

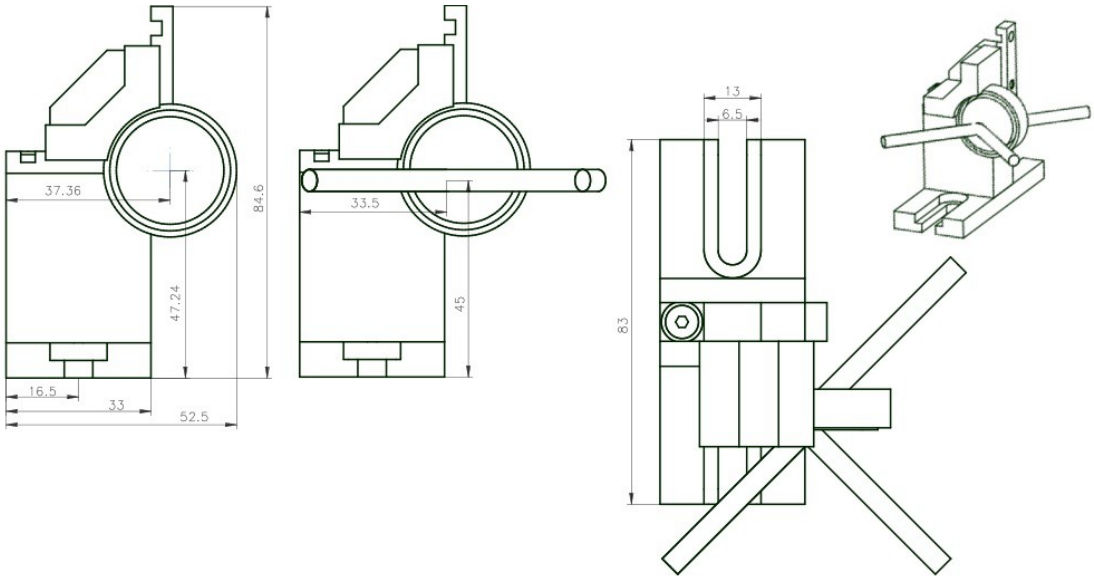

Abbildung 15: PKS Spiegelhalter. Zur besseren Orientierung ist ein typischer Laserstrahlverlauf eingezeichnet.

7.2. Spiegelhalter PSH

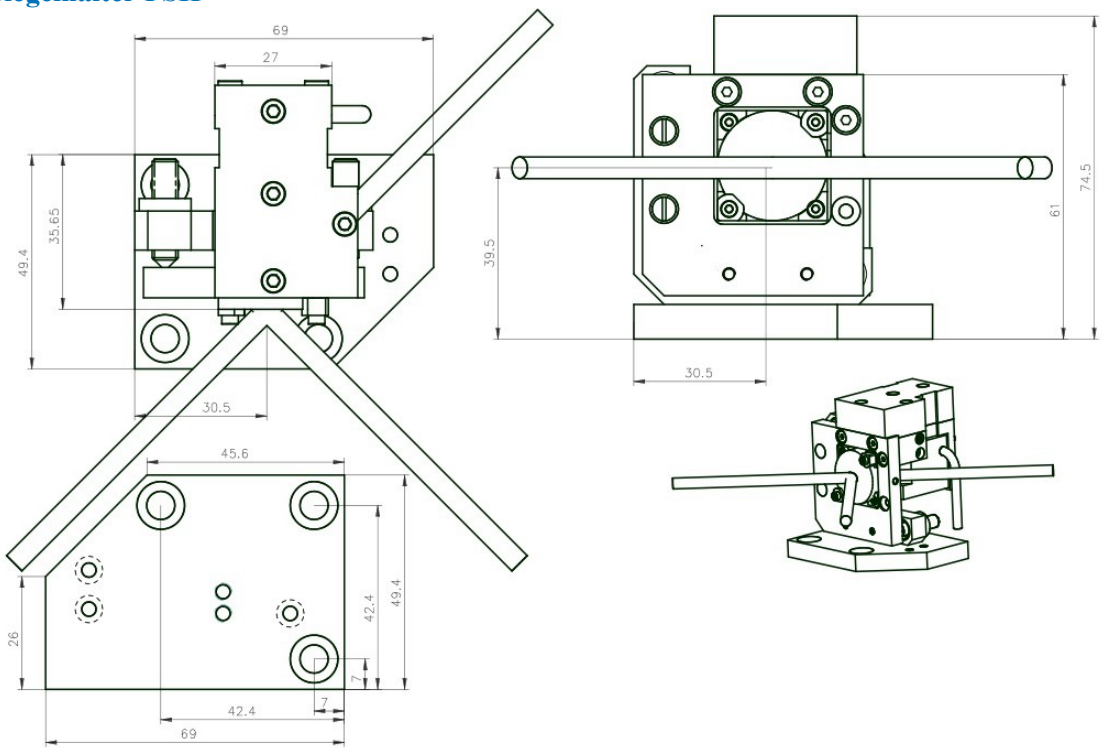

Abbildung 16: PSH Spiegelhalter. Zur besseren Orientierung ist ein typischer Verlauf des Laserstrahls eingezeichnet.

7.3. Detektorgehäuse

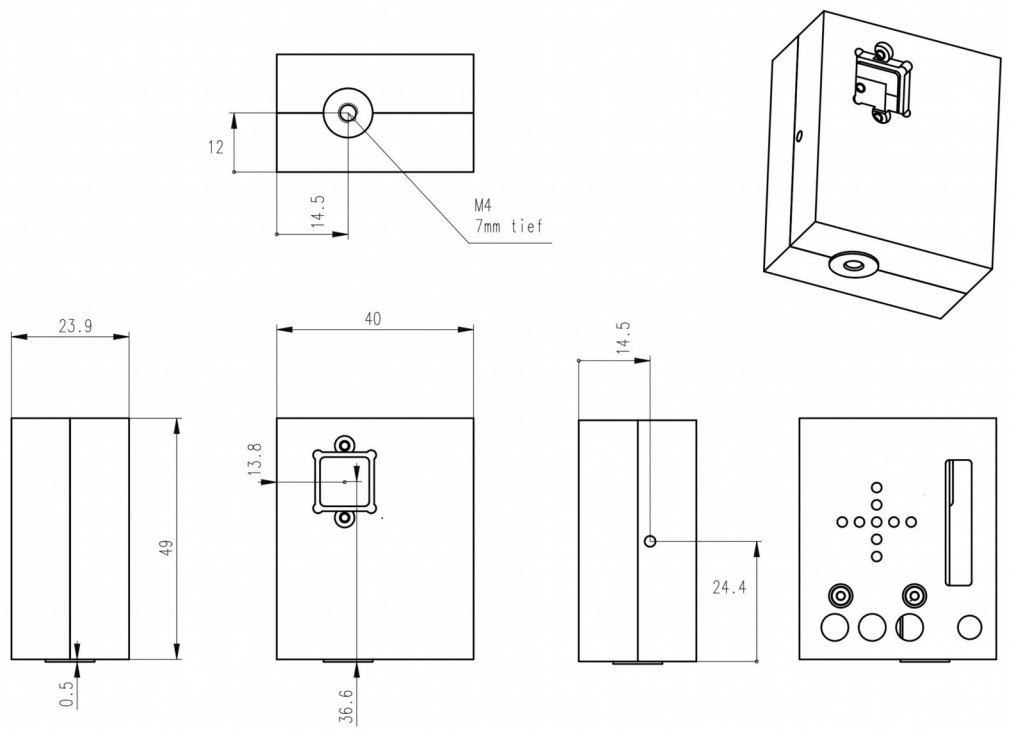

Abbildung 17: Standard-Gehäuse der Detektoren

8. Fehlerbehebung

8.1. Keine Anzeige – alles dunkel

Überprüfen Sie bitte, ob der Netzstecker in einer Strom führenden Steckdose steckt und der Netzschalter in der richtigen Position ist. Ist dies der Fall, entfernen Sie das Netzkabel vom Elektronik-System und setzen Sie sich bitte mit dem Hersteller oder dem Lieferanten in Verbindung.

8.2. Kein Detektorsignal

Bitte folgen Sie den Anweisungen in Abschnitt 4.5 und überprüfen Sie, ob eventuell eine Blende oder Kante den Laserstrahl blockiert. Falls der Laserstrahl die Detektionsfläche trifft, könnte ein Grund für das fehlende Detektorsignal darin liegen, dass die ausgewählten Filter zu stark sind. In diesem Fall sollten sie die Filter austauschen.

8.3. Laserstrahl ist nicht korrekt positioniert

Überprüfen Sie bitte die folgenden Punkte:

i. Sind von jedem Kippspiegel die LEMO-Stecker sowohl für die x- als auch die y-Achse mit der Elektronik korrekt verbunden?
ii. Ist die Leistungs-Aussteuerungsanzeige im mittleren Bereich?
iii. Falls die rote *Range*-LED leuchtet:
    a. Sind alle Kabel wie in Abschnitt 4.4 beschrieben angeschlossen?
    b. Ist die Position des Laserstrahls noch korrekt? Wenn diese sich stark geändert hat, arbeitet die Regelung nicht mehr im linearen Regelbereich. Gehen Sie in diesem Fall wie in Abschnitt 4.6 vor.
    c. Ist die Richtungskodierung korrekt?

8.4. Die Kippspiegel sind akustisch deutlich wahrzunehmen

Schalten Sie das System **sofort** aus. Es droht irreparabler Schaden an den Aktuatoren der Kippspiegel. Überprüfen Sie die Laserleistung und nehmen sie ggf. erneut eine Einstellung gemäß Abschnitt 4.5 vor. Vergewissern Sie sich, dass der Laserstrahl noch aus der vorgegebenen Richtung in das System einfällt und die 4-QDs noch trifft. Bitte überprüfen Sie auch, dass keine Abschattung des Laserstrahls durch Kanten oder Blenden im Strahlengang erfolgt. Dies könnte z.B. an der Aussparung eines Piezoaktuators der Fall sein. Wenn die rote *Range*-LED leuchtet, ist die Regelung nicht mehr im linearen Bereich. Gehen Sie dann gemäß Abschnitt 4.5 vor.

8.5. Laserposition nicht stabil

Sollte die automatische Stabilisierung des Laserstrahls trotz aktiver Regelung nicht gelingen, kann dies an einer fehlerhaften Einstellung der Richtungskodierung liegen (siehe Abschnitt 4.6). Bitte überprüfen Sie gegebenenfalls die Richtungskodierung.

Eine andere Ursache kann ein instabiler mechanischer Aufbau sein, bei dem sich die Regelung aufschwingt. Üblicherweise macht sich dieses Phänomen durch ein summendes Geräusch bemerkbar. Z.B. können hohe Aufbauten der Komponenten (insbesondere derjenigen, die die Piezostellelemente tragen) zu mechanischen Instabilitäten führen. In diesem Fall kann es helfen, die Bandbreite des Systems zu begrenzen. Hierzu können Sie die *Bandbreitenbegrenzung* einschalten (siehe Abschnitt 5.6).

9. Sicherheit

Das Gerät hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, darf das Gerät nur in trockenen Innenbereichen verwendet werden.

CE Dieses Gerät erfüllt die DIN EN 61000-3-2 und somit auch die erforderliche EMV Richtlinie 89/336/EWG.

Kennzeichnung

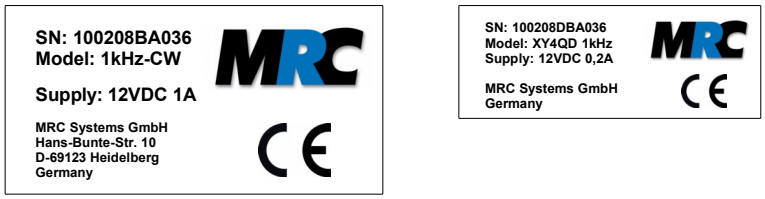

Abbildung 18: Kennzeichnung auf der System-Elektronik (links) und auf den Detektoren (rechts)

10. Checkliste für Laserdaten

Bei der Auslegung des Systems bzw. zur Unterstützung Ihrer Integration ist es hilfreich, Ihre Laser- und Aufbaudaten zu kennen. Hierzu können Sie uns die im folgenden abgefragten Angaben mitteilen:

10.1. Laserdaten

Kunde	.....	
Wellenlänge / Bereich	.....	
mittlere Laserleistung	.....	
Pulsdauer	.....	(bei Dauerstrich-Laser bitte „cw“ eintragen)
Repetitionsrate	.....	(entfällt bei Dauerstrich-Laser)
Strahldurchmesser	.....	
Strahlprofil	.....	(qualitative Angaben wie „rund“, „elliptisch“, etc. genügen)

10.2. Aufbaudaten

Wenn möglich, senden Sie uns bitte eine Skizze oder ein Foto Ihres geplanten Aufbaus. Wir können Ihnen dann Hinweise zur Integration der Strahlstabilisierung geben. Dabei achten wir auf eine möglichst einfache Anordnung der Komponenten und auf die Abstände zwischen den Aktuatoren und den Detektoren („Armlängen“), da diese die erreichbare Winkelauflösung beeinflussen.

10.3. Spiegel

Bitte geben Sie uns Bescheid, ob wir die Spiegel stellen sollen:

Wer stellt die Spiegel? ☐ Kunde
☐ MRC (nach Absprache, gegen Aufpreis)

Folgende Spiegelgrößen werden empfohlen:

- Standard: Durchmesser 1", Dicke 1/4" (1/8" alternativ möglich)
- auf Anfrage: Durchmesser 1,5" und 2"

11. Kontakt

MRC Systems GmbH
Hans-Bunte-Straße 10
D-69123 Heidelberg

Telefon: 06221/13803-00
Fax: 06221/13803-01
Website: www.mrc-systems.de
E-mail: info@mrc-systems.de